

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
29. Juli 2004 (29.07.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/063939 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G06F 17/18**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE2004/000015**

(22) Internationales Anmeldedatum:  
9. Januar 2004 (09.01.2004)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
103 00 865.9 10. Januar 2003 (10.01.2003) DE  
103 39 414.1 27. August 2003 (27.08.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 20  
02, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LABBE, Magnus**  
[DE/DE]; Teckstr. 93, 71696 Möglingen (DE).

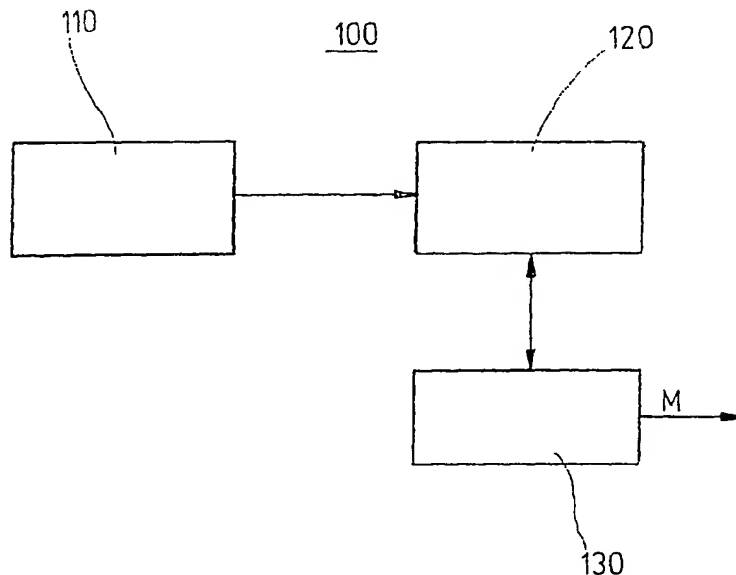
(74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**;  
Postfach 30 20 02, 70442 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AI, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PI, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **METHOD FOR CALCULATING A MEAN OF TEST RESULTS**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUM BERECHNEN EINES MITTELWERTES VON MESSWERTEN**



(57) Abstract: The invention relates to a method with different examples of implementation for calculating a mean  $M$  of detected test results  $x_i$ . According to basic methods known in prior art, arithmetic means are obtained by adding test results across a predefined averaging range and dividing the sum resulting from the adding operation by the number of test results detected within said averaging range. The aim of the invention is to reduce the execution time and storage space required for carrying out said method. Said aim is achieved by three examples of implementation of the inventive method, as a result of the recursive structure thereof or by calculating intermediate results before calculating the final mean.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren mit verschiedenen Ausführungs-

beispielen zum Berechnen eines Mittelwertes  $M$  von erfassten Messwerten  $x_i$ . Die Bildung von arithmetischen Mittelwerten durch Aufsummieren von Messwerten über einem vordefinierten Mittelungsbereich und Dividieren der aus der Aufsummation resultierenden Summe durch die Anzahl der erfassten Messwerte in dem Mittelungsbereich ist im Stand der Technik grundsätzlich bekannt. Um die zur Durchführung des Verfahrens erforderliche Laufzeit und den erforderlichen Speicherplatz zu reduzieren, werden erfindungsgemäss drei Ausführungsbeispiele eines Verfahrens vorgestellt, welche die angestrebten Vorteile entweder aufgrund ihrer rekursiven Struktur oder durch Berechnung von Zwischenergebnissen vor der endgültigen Mittelwertberechnung erreichen.

WO 2004/063939 A2



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

5

10

Verfahren zum Berechnen eines Mittelwertes von Messwerten

15

Die Erfindung betrifft Verfahren und Computerprogramme zum Berechnen eines Mittelwertes von Messwerten, insbesondere von Messwerten einer Lambdasonde zu einem aktuellen Berechnungszeitpunkt. Darüber hinaus betrifft die Erfindung einen Datenträger mit derartigen Computerprogramm sowie ein Steuergerät zum Durchführen der beschriebenen Verfahren.

20

## Stand der Technik

25

30

Im Stand der Technik ist es grundsätzlich bekannt, dass Messwerte arithmetisch gemittelt werden, indem sie innerhalb eines aktuellen gewünschten Mittelungsbereiches erfasst, gespeichert und aufsummiert werden, um nachfolgend durch die Anzahl der innerhalb des Messbereiches erfassten Messwerte dividiert zu werden. Dies wird insbesondere genutzt, um periodische Störungen mit bekannter Dauer zu unterdrücken. Dies kann zum Beispiel eine Störung sein, die drehzahlsynchron ist, also eine mit abnehmender Drehzahl zunehmende Mitteilungsdauer hat.

35

Bei einem großen, das heißt zeitlich lang andauernden Mittelungsbereich kann die Anzahl der während dessen Dauer erfasster Mittelwerte recht groß werden; dies hat die nachteilige Folge, dass zur Speicherung der vielen einzelnen

erfassten Messwerte vor ihrer Addition viel Speicherplatz benötigt wird.

5 Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es die Aufgabe der Erfindung, effiziente, das heißt Speicherplatz und Rechenzeit sparende Verfahren und Steuergeräte zum Berechnen eines Mittelwertes von erfassten Messwerten bereitzustellen.

10 Diese Aufgabe wird durch das in Patentanspruch 1 beanspruchte Verfahren gelöst. Es bietet den Vorteil, dass es bei großen Mittelungszeiten laufzeitreduzierend wirkt, da lediglich eine feste Anzahl von Subtraktionen und Additionen durchgeführt werden muss. Im Ergebnis leistet es  
15 die Berechnung des arithmetischen Mittelwertes der Messwerte über einem aktuellen Mittelungsbereich.

#### Vorteile der Erfindung

20 Bei dem in Patentanspruch 1 beanspruchten Verfahren handelt es sich um ein rekursives Verfahren, welches auf den in der Vergangenheit für vorangegangene Mittelungsbereiche erfassten Messwerten aufbaut. Seine Anwendung ist besonders vorteilhaft, wenn die Anzahl der Messwerte pro  
25 Mitteilungsbereich besonders groß ist. Anschaulich gesprochen sollte die Drehzahl einer Brennkraftmaschine, bei der die Messwerte einer Lambdasonde erfasst werden, einen vorgegebenen Drehzahl-Schwellenwert nicht überschreiten. Anderenfalls sind andere, insbesondere nicht  
30 rekursive, Verfahren zur Bildung des Mittelwertes besser geeignet. Zum Beispiel ist es dann effizienter, den arithmetischen Mittelwert durch einfaches Aufsummieren aller Messwerte in dem aktuellen Mittelungsbereich und durch Dividieren der so gewonnenen Summe durch die Anzahl  
35 der aufsummierten Werte zu bilden.

Das in Patentanspruch 1 beanspruchte Subtraktionsverfahren hat noch einen relativ großen Speicherbedarf. Außerdem hat es das Risiko, dass sich ein Fehler, der eventuell bei der Aufsummierung einzelner Messwerte in der Vergangenheit gemacht wurde, aufgrund der rekursiven Eigenschaft des Verfahrens auch in die Berechnung zukünftiger Mittelungswerte überträgt beziehungsweise dort erhalten bleibt.

10

Diese Nachteile werden von dem in Patentanspruch 5 beanspruchten alternativen Verfahren zum Berechnen eines Mittelwertes vermieden.

15 Als Alternative zu dem in Patentanspruch 5 beanspruchten Additionsverfahren wird in Patentanspruch 6 ein dazu quasi komplementäres Subtraktionsverfahren beansprucht. Es basiert ganz wesentlich auf der Überprüfung der einzelnen erfassten Messwerte im Hinblick darauf, wann sie für die Berechnung eines Mittelwertes nicht mehr verwendet werden. Gegenüber dem in Patentanspruch 5 beanspruchten Verfahren steigt der Laufzeitbedarf bei dem in Patentanspruch 6 beanspruchten Verfahren nur langsamer mit zunehmender Größe des Mittelungsbereiches. Genau wie das in Patentanspruch 5 beanspruchte Verfahren setzt es quasi konstante, das heißt, wenn überhaupt, dann nur sich langsam und geringfügig ändernde Mittelungsbereiche voraus.

Die oben genannte Aufgabe wird weiterhin durch ein Computerprogramm und ein Steuergerät zum Durchführen von mindestens einem der beanspruchten Verfahren gelöst. Die Vorteile dieser Lösungen entsprechen im Wesentlichen den oben mit Bezug auf die beanspruchten Verfahren genannten Vorteilen.

35

Darüber hinaus ist es bei allen erfindungsgemäßen Verfahren vorteilhaft, wenn in einer Speichereinrichtung des Steuergerätes die Bitbreite zur Speicherung der erfassten Messwerte von variablen Zwischenergebnissen und

5 Endergebnissen an deren jeweiligen Endbereich angepasst ist. Mit Hilfe dieser Anpassung wird der Speicherplatz und auch die erforderliche Rechenzeit zur Berechnung der Mittelwerte reduziert.

10 Weiterhin wird die Aufgabe durch einen Datenträger mit dem genannten Computerprogramm gelöst.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Verfahren und des Steuergeräts sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

15

Zeichnungen

Der Beschreibung sind insgesamt 7 Figuren beigelegt, wobei

20 Figur 1 den Aufbau eines erfindungsgemäßen Steuergerätes;

Figur 2 ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens;

25

Figur 3 ein Zeitdiagramm zur Veranschaulichung des ersten erfindungsgemäßen Verfahrens;

Figuren

30 4a und 4b ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung eines zweiten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Figur 5 ein Zeitdiagramm zur Veranschaulichung des  
35 zweiten Ausführungsbeispiels;

Figuren

5 6a und 6b ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung eines dritten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

Figur 7 ein Zeitdiagramm zur Veranschaulichung des dritten Ausführungsbeispiels

10 zeigt.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

15 Die Erfindung wird nachfolgend detailliert in Form von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Figuren 1 - 7 beschrieben.

Figur 1 zeigt ein Steuergerät 100 zum Durchführen der erfindungsgemäßen Verfahren. Es umfasst eine  
20 Messeinrichtung 110 zum Erfassen von Messwerten  $x_i$ , insbesondere von Messwerten einer Lambdasonde einer Brennkraftmaschine. Diese Messwerte werden in einer Speichereinrichtung 120 des Steuergerätes zwischengespeichert. Eine Recheneinrichtung 130 des  
25 Steuergerätes 100 greift auf diese zwischengespeicherten Messwerte  $x_i$  zu und berechnet daraus Mittelwerte dieser Messwerte über vordefinierten Mittelungsbereichen nach einem der nachfolgend beschriebenen Verfahren gemäß der Erfindung. Neben den erfassten Messwerten können in der  
30 Speichereinrichtung 120 auch zur Durchführung der Verfahren erforderliche Variablen, Zwischensummen oder Endergebnisse abgespeichert sein. Die von der Recheneinrichtung 130 berechneten Mittelwerte  $M$  werden von dieser ausgegeben.

Die Speichereinrichtung 120 oder Teile davon können als Ringspeicher ausgebildet sein. Ringspeicher eignen sich insbesondere zur temporären Speicherung einer begrenzten Anzahl der erfassten Messwerte. Im Laufe der Zeit können die Ringspeicher dann von neu beziehungsweise aktuell erfassten Messwerten überschrieben werden, wenn deren alte Inhalte für zukünftige Berechnungen nicht mehr benötigt werden.

- 10 Für die Minimierung der erforderlichen Speicherkapazität und der erforderlichen Rechenzeit ist es vorteilhaft, wenn die Bitbreite der für die Speicherung der Messwerte, Variablen, Zwischenergebnisse oder Endergebnisse reservierten Speicherplätze jeweils auf das erforderliche
- 15 Minimum reduziert wird. Grundsätzlich empfiehlt sich eine Anpassung der Bitbreite an den jeweiligen Bedarf.

Die soeben gemachten Ausführungen zu dem Steuergerät gelten für alle nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens gleichermaßen. Einzig die Recheneinrichtung 130 des Steuergerätes 100 wird vorzugsweise mit Hilfe geeigneter Computerprogramme zur Durchführung der nachfolgend beschriebenen verschiedenen Ausführungsbeispiele zur Berechnung von Mittelwerten

25 angepasst.

#### Erstes Ausführungsbeispiel

Figur 2 zeigt ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Berechnen eines Mittelwertes  $M_n$  von Messwerten  $x_i$ . Die Berechnung des Mittelwertes erfolgt zu einem aktuellen Berechnungszeitpunkt  $n$ , wobei die Messwerte  $x_i$  über einen aktuellen Mittelungsbereich  $M_{Bn}$  gemittelt werden, siehe Figur 3. Der aktuelle Mittelungsbereich  $M_{Bn}$

30

35



endet zeitlich vor oder an dem aktuellen Berechnungszeitpunkt  $n$ .

- Die einzelnen Schritte des ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß Figur 2 werden nachfolgend unter Bezugnahme auf Figur 3 näher erläutert. In Figur 3 sind neben dem aktuellen Berechnungszeitpunkt  $n$  auch Berechnungszeitpunkte  $n-1$  und  $n-2$  aus der Vergangenheit eingezeichnet. Sie liegen jeweils am Ende eines Berechnungszeitrasters mit einer fest vorgegebenen Dauer von beispielsweise 10 ms. In Figur 3 werden während eines einzelnen Berechnungszeitrasters 10 Messwerte  $x_i$  erfasst; dies entspricht einer Abtastrate von 1 ms. In Figur 3 ist weiterhin zu erkennen, dass der aktuelle Mittelungsbereich  $M_{Bn}$  und auch der vorangegangene Mittelungsbereich  $M_{Bn-1}$  jeweils 13 Messwerte umfasst. Der Mittelwert des vorangegangenen Mittelungsbereiches  $M_{Bn-1}$  wurde zu dem Berechnungszeitpunkt  $n-1$  berechnet.
- Schließlich sind in Figur 3 mit den geschweiften Klammern und den daran befindlichen Bezeichnungen verschiedene Zwischenwerte veranschaulicht, wie sie zur Durchführung des nachfolgend beschriebenen ersten Ausführungsbeispiels erforderlich sind.
- Aus Figur 2 ist zu erkennen, dass das Verfahren gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel nach einem Startschritt  $S_0$  einen Schritt  $S_{1a}$  durchführt. Dieser Schritt sieht die Erfassung und Speicherung der Messwerte  $x_i$  vor, soweit sie in den aktuellen und den vorangegangenen Mittelungsbereich  $M_{Bn}$ ,  $M_{Bn-1}$  fallen. Der vorangegangene Mittelungsbereich  $M_{Bn-1}$  sollte zumindest näherungsweise dieselbe Anzahl von Messwerten  $x_i$  wie der aktuelle Mittelungsbereich  $M_{Bn}$  umfassen. Weiterhin wird während dieses Schrittes  $S_{1a}$  der zu dem vorangegangenen Berechnungszeitpunkt  $n-1$  berechnete

Mittelwert  $M_{n-1}$  bereitgestellt. In einem nachfolgenden Schritt Slb wird die in Figur 3 veranschaulichte erste Summe S<sub>add</sub> durch Aufsummieren der seit dem vorangegangenen Berechnungszeitpunkt n-1 neu erfassten Messwerte  $x_i$  gebildet, soweit diese Messwerte in den aktuellen Mittelungsbereich  $M_{Bn}$  fallen.

Nachfolgend wird in einem Schritt Slc die ebenfalls in Figur 3 veranschaulichte Summe S<sub>sub</sub> dadurch gebildet, dass diejenigen erfassten Messwerte aufsummiert werden, welche bei der Berechnung des Mittelwertes  $M_{n-1}$  für den vorangegangenen Mittelungsbereich berücksichtigt wurden, aber bei der Berechnung des aktuellen Mittelwertes  $M_n$  zum Zeitpunkt n nicht mehr berücksichtigt werden, weil sie nicht in den aktuellen Mittelungsbereich  $M_{Bn}$  fallen.

Es wird dann in einem Schritt Sld die in Figur 3 veranschaulichte Summe S<sub>n</sub> als Summe aller Messwerte  $x_i$  in dem aktuellen Mittelungsbereich  $M_{Bn}$  zum Berechnungszeitpunkt n berechnet, und zwar gemäß folgender Formel:

$$S_n = S_{n-1} + S_{add} - S_{sub}; \quad (1)$$

wobei

$S_{n-1}$  die Summe aller Messwerte über dem vorangegangenen Mittelungsbereich  $M_{Bn-1}$

repräsentiert.

Wie aus Figur 1 zu erkennen ist, handelt es sich bei dem ersten Ausführungsbeispiel um ein rekursives Verfahren, weil es für die Berechnung der Summe S<sub>n</sub> auf die Summe S<sub>n-1</sub> zurückgreift.

In einem nachfolgenden Schritt S1e wird nachfolgend aus der Summe  $S_n$  und der Anzahl aller in diese Summe eingehenden Messwerte  $x_i$  der arithmetische Mittelwert  $M_n$  zum

5 Berechnungszeitpunkt wie folgt berechnet:

$$M_n = \frac{S_n}{Sl}, \quad (2)$$

10 wobei die Variable Sl die Anzahl der in der Summe  $S_n$  aufsummierten Messwerte repräsentiert.

Mit dem Schritt SE wird das erfindungsgemäße Verfahren schließlich beendet.

15 Der Zeiger p\_3 in Figur 3 zeigt auf denjenigen erfassten Messwert  $x_i$ , welcher dem Beginn des aktuellen Mittelungsbereiches  $M_{Bn}$  unmittelbar vorausgeht. Demgegenüber weist der Zeiger p\_4 auf den ersten erfassten Messwert des vorangegangenen Mittelungsbereiches  $M_{Bn-1}$ . Je  
20 nachdem, ob der Beginn des aktuellen Mittelungsbereiches zeitlich später oder zeitlich früher liegt als der Zeitpunkt, zu dem der erste Messwert des vorangegangenen Mittelungsbereiches erfasst wurde, ergeben sich für die in Gleichung (1) verwendete Teilsumme  $S_{sub}$  unterschiedliche  
25 Vorzeichen. Genauer gesagt berechnet sich die Summe  $S_{sub}$  in den beiden genannten Fällen gemäß der folgenden Gleichungen (3) und (4):

$$S_{sub} = \sum_{i=p_4}^{p_3-1} x_i \quad \text{für } p_3 \geq p_4; \text{ oder} \quad (3)$$

$$S_{sub} = - \sum_{i=p_3}^{p_4} x_i \quad \text{für } p_3 < p_4; \quad (4)$$

### Zweites Ausführungsbeispiel

5 Das zweite Ausführungsbeispiel für das erfindungsgemäße Verfahren zum Berechnen eines Mittelwertes von Messwerten  $x_i$  über einen vordefinierten Mittelungsbereich wird nachfolgend anhand des Flussdiagramms gemäß der Figuren 4a und b sowie des Zeitdiagramms gemäß Figur 5 erläutert. Die  
10 Berechnung des Mittelwertes M erfolgt zu einem zukünftigen Berechnungszeitpunkt  $n+Q$  am Ende eines Berechnungszeitrasters. Der vordefinierte Mittelungsbereich, über den der Mittelwert berechnet werden soll, endet zeitlich vor oder an dem Berechnungszeitpunkt  
15  $n+Q$  und überdeckt insgesamt  $Q$  Berechnungszeitraster zumindest teilweise.

In einem ersten Schritt S5a werden zahlreiche Variablen initialisiert, die für die nachfolgende Berechnung des  
20 Mittelwertes gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel erforderlich sind. So wird zum einen eine Variable  $q$  als Laufvariable für die zumindest teilweise überdeckten Berechnungszeitraster mit  $q \in \{1 \dots Q\}$  zu  $q=1$  vorbesetzt. Weiterhin wird eine Variable  $Y_q$  als Zwischensumme aller in  
25 den ersten  $q$  Berechnungszeitintervallen, beginnend ab  $q=1$  erfassten Messwerte, welche zum Zeitpunkt  $n+Q$  für die Berechnung des Mittelwertes relevant sind, zu  $Y_{q=0} = 0$  vorbesetzt. Schließlich wird auch eine Zwischensumme  $Z_q$  der Anzahl aller in den ersten  $q$  Berechnungszeitintervallen,  
30 beginnend ab  $q=1$ , erfassten Messwerte, welche zum Zeitpunkt  $n+Q$  für die Berechnung des Mittelwertes relevant sind, zu  $Z_{q=0} = 0$  gesetzt.

Im Anschluss an diese Initialisierung werden im Verfahrensschritt S5b die Messwerte  $x_i$  innerhalb eines Berechnungszeitrasters  $q$  erfasst und gespeichert. Es wird dann in einem Schritt S5c für jeden der erfassten Messwerte  
5 in dem Berechnungszeitraster  $q$  entschieden, ob er in dem vordefinierten Mittelungsbereich  $M_B$  gemäß Figur 5 liegt und zu dem Zeitpunkt  $n+Q$  in die Berechnung des Mittelwertes  $M_{n+Q}$  eingeht. Es wird dann jeweils die Zwischensumme  $Y_q$  durch Aufsummieren aller Messwerte in dem Berechnungszeitraster  
10  $q$ , soweit die Messwerte zu dem Zeitpunkt  $n+Q$  in die Berechnung des Mittelwertes eingehen werden. Die Berechnung dieser Zwischensumme  $Y_q$  sowie auch die nachfolgend in Schritt S5e vollzogene Speicherung der Anzahl der in die Zwischensumme  $Y_q$  eingehenden Messwerte in der Zwischensumme  
15  $Z_q$  ist in Figur 5 anschaulich dargestellt.

In Figur 5 ist zu erkennen, dass der vordefinierte Mittelungsbereich  $M_B$  beispielhaft 23 Messwerte umfasst. Es ist weiterhin zu erkennen, dass in dem  
20 Berechnungszeitraster  $q=1$  lediglich drei Werte in diesen vordefinierten Mittelungsbereich  $M_B$  fallen und dementsprechend wird auch lediglich die Summe ihrer drei Werte zu der Zwischensumme  $Y_1$  aufsummiert und ihre Anzahl von drei in der Zwischensumme  $Z_1$  gespeichert.

25 In Verfahrensschritt S5f werden alle bisher berechneten Zwischensummen der Messwerte aufaddiert gemäß folgender Formel (5):

30 
$$Y_q = Y_q + Y_{q-1} \quad (5)$$

Gleichzeitig oder nachfolgend werden in Schritt S5g alle bisher berechneten Zwischensummen der Anzahlen aufaddiert gemäß folgender Formel (6):

$$Z_q = Z_q + Z_{q-1} \quad (6)$$

Die soeben aufgeführten Schritte S5b - S5c werden dann gemäß den Schritten S5h und S5h' jeweils für  $q = q+1$  wiederholt, das heißt für alle Berechnungszeitraster  $q$  durchlaufen, so lange bis alle Berechnungszeitraster, die von dem Mittelungsbereich  $M_q$  zumindest teilweise erfasst werden, berücksichtigt wurden. Das Ergebnis sind dann eine aktualisierte Zwischensumme  $Y_q$  der Messwerte und eine aktualisierte Zwischensumme  $Z_q$ , welche die Anzahlen der in die Zwischensumme  $Y_q$  eingegangenen Messwerte repräsentiert. Aus diesen Zwischensummen wird dann abschließend in Verfahrensschritt S5i der gesuchte Mittelwert  $M$  über dem vordefinierten Mittelungsbereich  $M_q$  zum Berechnungszeitpunkt  $n+Q$  gebildet gemäß folgender Formel (7):

$$M_{n+Q} = \frac{Y_q}{Z_q} \quad (7)$$

## 20 Drittes Ausführungsbeispiel

Ein drittes Ausführungsbeispiel zur Berechnung eines Mittelwertes  $M$  von Messwerten über einem vordefinierten Mittelungsbereich  $M_q$  wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 6a+b und 7 näher erläutert.

Genau wie bei dem zweiten Ausführungsbeispiel wird auch hier bei dem dritten Ausführungsbeispiel der Mittelwert zu einem zukünftigen Berechnungszeitpunkt  $n+Q$  in einem Berechnungszeitraster berechnet. Der vordefinierte Mittelungsbereich  $M_q$ , über welchen die erfassten Messwerte  $x_i$  gemittelt werden sollen, endet zeitlich unmittelbar vor oder an dem zukünftigen Berechnungszeitpunkt  $n+Q$ . Der vordefinierte Mittelungsbereich  $MB$  überdeckt insgesamt  $Q$

Berechnungszeitraster zumindest teilweise. An dem in Figur 7 gezeigten Beispiel, bei dem der vordefinierte Mittelungsbereich MB insgesamt 23 Messwert umfasst, überdeckt der Mittelungsbereich insgesamt drei  
5 Berechnungszeitraster  $q=1$ ,  $q=2$  und  $q=3$  zumindest teilweise.

Für die Berechnung des gesuchten Mittelwertes  $M$  sieht das Verfahren gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel zunächst in Schritt S6a die Initialisierung von zahlreichen Variablen  
10 vor, welche zur Berechnung des Mittelwertes später berücksichtigt werden müssen. So wird zunächst eine Laufvariable  $q$  für die überdeckte Berechnungszeitraster mit  $q \in \{1 \dots Q\}$  zu  $q=1$  vorbesetzt. Weiterhin wird eine Zwischensumme  $Y_q$  aller in den ersten  $q$   
15 Berechnungszeitintervallen, beginnend ab  $q=1$ , erfassten Messwerte, welche zum Zeitpunkt  $n+Q$  für die Berechnung des Mittelwertes relevant sind, zu  $Y_{q=0} = 0$  gesetzt. Weiterhin wird die Zwischensumme  $Z_q$  der Anzahl aller in der Zwischensumme  $Y_q$  berücksichtigten Messwerte zu  $Z_{q=0} = 0$   
20 gesetzt. Darüber hinaus wird eine Summe  $y_{n+Q}$  aller bisher in der Vergangenheit erfassten Messwert  $x_i$  welche zu dem Berechnungszeitpunkt  $n+Q$  nicht mehr für die Berechnung von  $M$  relevant sind, zu  $y_{n+Q} = 0$  gesetzt. Schließlich wird auch eine Summe  $z_{n+Q}$  über die Anzahl aller in die Summe  $y_{n+Q}$   
25 eingegangenen Messwerte zu  $z_{n+Q} = 0$  gesetzt.

In einem nachfolgenden Schritt S6b werden alle Messwerte  $x_i$  in dem Berechnungszeitraster  $q$  erfasst und gespeichert, um nachfolgend in Verfahrensschritt S6c zu der Zwischensumme  
30  $Y_q$  aufsummiert zu werden. In Schritt S6d wird die Anzahl aller in die Zwischensumme  $Y_q$  eingegangenen Messwerte in der Zwischensumme  $Z_q$  gespeichert. In den Verfahrensschritten S6e und S6f werden dann die Zwischensummen  $Y_q$  und  $Z_q$  aktualisiert, indem jeweils alle  
35 bisher berechneten Zwischensummen aufaddiert werden. Dies

erfolgt für die Zwischensumme  $Y_q$  gemäß folgender Gleichung:

$$Y_q = Y_q + Y_{q-1} \quad (8)$$

- 5 Für die Zwischensumme  $Z_q$  erfolgt dies gemäß der folgenden Formel:

$$Z_q = Z_q + Z_{q-1} \quad (9)$$

- 10 In Verfahrensschritt S6g wird dann entschieden, welche der in dem Berechnungszeitraster  $q$  erfassten Messwerte  $x_i$  zu dem Berechnungszeitpunkt  $n+q$  nicht in die Berechnung des Mittelwertes eingehen, weil sie nicht in dem vordefinierten Mittelungsbereich MB liegen. Genau diese Messwerte aus dem  
15 Berechnungszeitraster  $q$  werden dann in Verfahrensschritt S6h zu einer Summe  $S_{subq}$  aufsummiert. Es erfolgt dann in Schritt S6i ein Aufsummieren der Summe  $S_{subq}$  zu der Summe  $y_{n+q}$  und in Schritt S6j eine Aufsummation der Anzahl der in die Summe  $S_{subq}$  eingegangenen Messwerte  $x_i$  zu der  
20 Zwischensumme  $z_{n+q}$ .

- Die soeben beschriebenen Verfahrensschritte S6b - S6j werden dann nachfolgend gemäß der Schritte S6k und S6k' für alle restlichen Berechnungszeitraster  $q$ , die von dem  
25 vordefinierten Mittelungsbereich zumindest teilweise überdeckt werden, wiederholt. In Verfahrensschritt S6k' wird jeweils die Variable  $q$  bei jedem Durchlauf der Schleife um 1 inkrementiert. Dies erfolgt so lange, bis in Verfahrensschritt S6k irgendwann festgestellt wird, dass  $q$   
30  $= Q$  ist. Die beschriebene Berechnung der Zwischensummen  $Y_q$ ,  $Z_q$  und  $S_{subq}$  ist in Figur 7 für das dort gezeigte Beispiel nochmals veranschaulicht.

- Am Ende der Wiederholungen beim Übergang von Schritt S6k  
35 nach S6l sind dann die Zwischensummen  $Y_Q$ ,  $Z_Q$ ,  $y_{n+Q}$  und  $z_{n+Q}$



wie sie für die Berechnung des Mittelwertes erforderlich sind, endgültig definiert.

Sobald diese Zwischensummen feststehen, fährt das Verfahren mit Verfahrensschritt S6l fort, indem die Summe S aller Messwerte  $x_i$  des Mittelungsbereiches  $M_s$  berechnet wird zu:

$$S = Y_2 - Y_{n+2}. \quad (10)$$

Ähnlich wird dann in Verfahrensschritt S6m die Summe der Anzahl aller Messwerte des Mittelungsbereiches zu:

$$Z = Z_2 - Z_{n+2}. \quad (11)$$

Schließlich folgt aus der Summe S aller Messwerte und der Summe Z der Anzahl aller Messwerte die Berechnung des gesuchten Mittelwertes M über dem vordefinierten Mittelungsbereich  $M_s$  zum Berechnungszeitpunkt  $n+Q$  zu:

$$M_{n+Q} = S/Z. \quad (12)$$

Für alle drei zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens gilt, dass ein Messzeitraster, das heißt der zeitliche Abstand zur Erfassung der Messwerte  $x_i$ , und ein Berechnungszeitraster, das heißt der zeitliche Abstand zwischen zwei Berechnungszeitpunkten, je nach Anwendungsfall geeignet gewählt werden müssen. Insbesondere für die Mittelung von Messwerten, wie sie bei der Auswertung von Messsignalen einer Lambdasonde bei einer Brennkraftmaschine anfallen, hat es sich bewährt, das Berechnungszeitraster auf 10 ms und das Messzeitraster auf 1 ms festzulegen.

Die beschriebenen Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens werden vorzugsweise in Form

eines Computerprogramms für das einleitend beschriebene Steuergerät realisiert. Das Computerprogramm kann gegebenenfalls zusammen mit weiteren Computerprogrammen auf einem computerlesbaren Datenträger abgespeichert sein. Bei  
5 dem Datenträger kann es sich um eine Diskette, eine Compact Disc (sogenannte CD), einen Flash-Memory oder dergleichen handeln. Das auf dem Datenträger abgespeicherte Computerprogramm kann dann als Produkt an einen Kunden übertragen und verkauft werden.

10

Die Übertragung und der Verkauf des Computerprogramms ist jedoch nicht an einen Datenträger gebunden. Vielmehr können die Übertragung und der Verkauf auch ohne die Zuhilfenahme eines Datenträgers über ein elektronisches

15

Kommunikationsnetzwerk, insbesondere das Internet, erfolgen.

5

## 10 Ansprüche

1. Verfahren zum Berechnen eines Mittelwertes  $M_n$  von Messwerten  $x_i$ , insbesondere von Messwerten einer Lambdasonde, zu einem aktuellen Berechnungszeitpunkt  $n$ ,  
15 wobei die Messwerte über einen aktuellen Mittelungsbereich gemittelt werden, welcher zeitlich vor oder an dem aktuellen Berechnungszeitpunkt  $n$  endet, umfassend die Schritte:

20 1a) Erfassen und Speichern der Messwerte  $x_i$  soweit sie in den aktuellen und einen vorangegangenen Mittelungsbereich fallen, wobei der vorangegangene Mittelungsbereich zumindest näherungsweise dieselbe Anzahl von Messwerten  $x_i$  wie der aktuelle Mittelungsbereich umfasst und wobei der  
25 Mittelwert  $M_{n-1}$  für den vorangegangenen Mittelungsbereich zu einem vorangegangenen Berechnungszeitpunkt  $n-1$  berechnet wurde;

1b) Bilden einer ersten Summe  $S_{add}$  durch Aufsummieren der  
30 seit dem vorangegangenen Berechnungszeitpunkt  $n-1$  neu erfassten Messwerte, soweit diese Messwerte in den aktuellen Mittelungsbereich fallen;

1c) Bilden einer zweiten Summe  $S_{sub}$  durch Aufsummieren  
35 derjenigen erfassten Messwerte, welche bei der Berechnung

des Mittelwertes  $M_{n-1}$  für den vorangegangenen Mittelungsbereich zum Zeitpunkt  $n-1$  berücksichtigt wurden, aber bei der aktuellen Berechnung des aktuellen Mittelwertes  $M_n$  zum Zeitpunkt  $n$  nicht mehr berücksichtigt werden, weil sie nicht in den aktuellen Mittelungsbereich fallen;

1d) Berechnen einer dritten Summe  $S_n$  als Summe aller Messwerte in dem aktuellen Mittelungsbereich zum Berechnungszeitpunkt  $n$  gemäß folgender Formel:

$$S_n = S_{n-1} + S_{add} - S_{sub}; \quad (1)$$

wobei

$S_{n-1}$  die Summe aller Messwerte über dem vorangegangenen Mittelungsbereich repräsentiert; und

1e) Berechnen des Mittelwertes  $M_n$  zum Berechnungszeitpunkt  $n$  gemäß:

$$M_n = \frac{S_n}{S_l}, \quad (2)$$

wobei  $S_l$  die Anzahl aller Messwerte  $x_i$  in dem aktuellen Mittelungsbereich repräsentiert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Summe  $S_{sub}$  gemäß folgender Formel berechnet:

$$S_{sub} = \sum_{i=p-4}^{p-3} x_i \quad \text{für } p-3 \geq p-4; \text{ oder} \quad (3)$$

$$S_{sub} = - \sum_{i=p_3}^{p_4} x_i \quad \text{für } p_3 < p_4; \quad (4)$$

wobei

- 5     $p_3$         einen Zeiger auf den erfassten Messwert  $x_i$   
                  repräsentiert, welcher dem Beginn des aktuellen  
                  Mittelungsbereiches unmittelbar vorausgeht; und  
                   $p_4$         einen Zeiger auf den ersten erfassten Messwert  
                  des vorangegangenen Mittelungsbereiches  
 10   repräsentiert.
3.    Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,  
       dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren zur Berechnung  
       von Mittelwerten  $M$  aus den Messwerten  $x_i$  einer Lambdasonde  
       nur angewendet wird, solange die Drehzahl einer  
 15   Brennkraftmaschine, welcher die Lambdasonde zugeordnet ist,  
       eine vorgegebene Drehzahlschwelle nicht überschreitet.
4.    Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,  
       dass in den Fällen, in denen die Drehzahl der  
       Brennkraftmaschine, welcher die Lambdasonde zugeordnet ist,  
 20   eine vorgegebene Drehzahlschwelle überschreitet, der  
       Mittelwert  $M$  durch einfaches Aufsummieren aller Messwerte  
        $x_i$  in dem aktuellen Mittelungsbereich und Dividieren der so  
       gewonnenen Summe durch die Anzahl der aufsummierten Werte  
       gebildet wird.
- 25   5.    Verfahren zum Berechnen eines Mittelwertes  $M$  von  
       Messwerten  $x_i$ , insbesondere von Messwerten einer  
       Lambdasonde, zu einem zukünftigen Berechnungszeitpunkt  $n+Q$   
       in einem Berechnungszeitraster, wobei die Messwerte über  
       einen vordefinierten Mittelungsbereich gemittelt werden,  
 30   welcher zeitlich vor oder an dem Berechnungszeitpunkt  $n+Q$

endet und welcher  $Q$  Berechnungszeitraster zumindest teilweise überdeckt, umfassend die Schritte:

5a) Initialisieren von

- 5     $q$     als Laufvariable für die zumindest teilweise überdeckten Berechnungszeitraster mit  $q \in \{1 \dots Q\}$  zu  $q=1$ ;
- $Y_q$    als Zwischensumme aller in den ersten  $q$  Berechnungszeitintervallen, beginnend ab  $q=1$ , erfassten Messwerte, welche zum Zeitpunkt  $n+Q$  für die Berechnung des Mittelwertes relevant sind, zu  $Y_{q=0} = 0$ ; und
- 10     $Z_q$    als Zwischensumme der Anzahl aller in den ersten  $q$  Berechnungszeitintervallen, beginnend ab  $q=1$ , erfassten Messwerte, welche zum Zeitpunkt  $n+Q$  für die Berechnung des Mittelwertes relevant sind, zu  $Z_{q=0} = 0$ ;
- 15
- 5b) Erfassen und Speichern von Messwerten  $x_i$  in einem Berechnungszeitraster  $q$ ;
- 20
- 5c) Entscheiden für jeden erfassten Messwert in dem Berechnungszeitraster  $q$ , ob er in dem vordefinierten Mittelungsbereich liegt und zu dem Zeitpunkt  $n+Q$  in die Berechnung des Mittelwertes  $M_{n+Q}$  eingeht;
- 25
- 5d) Aufsummieren der Messwerte aus dem Berechnungszeitraster  $q$  zu der Zwischensumme  $Y_q$ , soweit die Messwerte zu dem Zeitpunkt  $n+Q$  in die Berechnung des Mittelwertes  $M_{n+Q}$  eingehen werden;
- 30
- 5e) Speichern der Anzahl der in die Zwischensumme  $Y_q$  eingehenden Messwerte in der Zwischensumme  $Z_q$ ;
- 5f) Aufsummieren aller bisher berechneten Zwischensummen der Messwerte zu
- $Y_q = Y_{q-1} + Y_q$ ;
- 5g) Aufsummieren aller bisher berechneten Zwischensummen

der Anzahlen:

$$Z_q = Z_q + Z_{q-1};$$

5h) Wiederholen der Schritte 5b) bis 5g) mit  $q=q+1$  solange bis  $q = Q$ ; und

- 5 5i) Berechnen des Mittelwertes  $M$  zum Berechnungszeitpunkt  $n+Q$  zu:

$$M = \frac{Y_Q}{Z_Q}.$$

6. Verfahren zum Berechnen eines Mittelwertes  $M$  von Messwerten  $x_i$ , insbesondere von Messwerten einer  
 10 Lambdasonde, zu einem zukünftigen Berechnungszeitpunkt  $n+Q$  in einem Berechnungszeitraster, wobei die Messwerte über einen vordefinierten Mittelungsbereich (MB) gemittelt werden, welcher zeitlich unmittelbar vor oder an dem zukünftigen Berechnungszeitpunkt  $n+Q$  endet und welcher  $Q$   
 15 Berechnungszeitraster zumindest teilweise überdeckt, umfassend die Schritte:

- 6a) Initialisieren von  
 $q$  als Laufvariable für die überdeckten Berechnungszeitraster mit  $q \in \{1 \dots Q\}$  zu  $q=1$ ;  
 20  $Y_q$  als Zwischensumme aller in den ersten  $q$  Berechnungszeitintervallen, beginnend ab  $q=1$ , erfassten Messwerte, welche zum Zeitpunkt  $n+Q$  für die Berechnung des Mittelwertes relevant sind, zu  $Y_{q=0}=0$ ;  
 25  $Z_q$  als Zwischensumme der Anzahl aller in den ersten  $q$  Berechnungszeitintervallen, beginnend ab  $q=1$ , erfassten Messwerte, welche zum Zeitpunkt  $n+Q$  für die Berechnung des Mittelwertes relevant sind, zu  $Z_{q=0} = 0$ ;  
 30  $y_{n+Q}$  als Summe aller bisher in der Vergangenheit erfassten Messwerte  $x_i$ , welche zu dem Berechnungszeitpunkt  $n+Q$  nicht mehr für die

Berechnung von M relevant sind, zu  $y_{n-Q}=0$ ; und  
 $z_{n-Q}$  als Summe der Anzahl der in die Summe  $y_{n-Q}$   
 eingegangenen Messwerte zu  $z_{n-Q}=0$ ; und

- 5 6b) Erfassen und Speichern von Messwerten in dem Berechnungszeitraster q;
- 6c) Aufsummieren aller Messwerte in dem Berechnungszeitraster q zu der Zwischensumme  $Y_q$ ;
- 6d) Ermitteln der Anzahl aller in die Zwischensumme  $Y_q$
- 10 eingegangenen Messwerte zu  $Z_q$ ;
- 6e) Aufsummieren aller bisher berechneten Zwischensummen der Messwerte zu  
 $Y_q = Y_q + Y_{q-1}$ ;
- 6f) Aufsummieren aller bisher berechneten Zwischensummen
- 15 der Anzahlen zu  
 $Z_q = Z_q + Z_{q-1}$ ;
- 6g) Entscheiden welche der in dem Berechnungszeitraster q erfassten Messwert xi zu dem Zeitpunkt n+Q nicht in die Berechnung des Mittelwertes eingehen, weil sie nicht in dem
- 20 vordefinierten Mittelungsbereich (MB) liegen;
- 6h) Aufsummieren der Messwerte aus dem Berechnungszeitraster q, welche zu dem Zeitpunkt n+Q nicht in die Berechnung des Mittelwertes eingehen zu einer Summer  $S_{subq}$ ;
- 25 6i) Aufsummieren der Summe  $S_{subq}$  zu der Summe  $y_{n-Q}$ ;
- 6j) Aufsummieren der Anzahl der in die Summe  $S_{subq}$  eingehenden Messwerte xi zu der Zwischensumme  $z_{n-Q}$ ;
- 6k) Wiederholen der Schritte 6b) bis 6j) mit  $q=q+1$  solange bis  $q = Q$ ;
- 30 6l) Berechnen der Summe aller Messwerte des Mittelungsbereiches zu:  
 $S = Y_2 - y_{n-Q}$ ;
- 6m) Berechnen der Summer der Anzahl aller Messwerte des Mittelungsbereiches zu:
- 35  $Z = Z_Q - z_{n-Q}$ ; und



6n) Berechnen des gemittelten Messwertes M zum Berechnungszeitpunkt n+Q zu:

$$M = \frac{S}{Z}$$

5 7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Messwerte  $x_i$  in einem Messzeitraster, vorzugsweise alle 1 ms erfasst werden.

8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Berechnungszeitpunkte n beziehungsweise n+q für die Berechnungen der Mittelwerte  $M_n$ , beziehungsweise  $M_{n+q}$  einem Berechnungszeitraster von vorzugsweise 10 ms liegen.

10

9. Computerprogramm mit Programmcode dadurch gekennzeichnet, dass der Programmcode ausgebildet ist zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 - 8.

15 10. Datenträger mit einem Computerprogramm nach Anspruch 9.

11. Steuergerät (100), insbesondere für ein Kraftfahrzeug, umfassend:  
eine Messeinrichtung (110) zum Erfassen von Messwerten  $x_i$ ,  
20 insbesondere einer Lambdasonde;  
eine Recheneinrichtung (130) zum Berechnen von Mittelwerten aus den erfassten Messwerten nach einem der in den Ansprüche 1 - 8 beanspruchten Verfahren; und  
eine Speichereinrichtung (120) zum Speichern aller  
25 erforderlichen Messwerte, Variablen, Zwischensummen und Endergebnisse, welche für die Berechnung der Mittelwerte erforderlich sind oder daraus resultieren.

12. Steuergerät nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Bitbreite zur Speicherung der Messwerte,  
30 Variablen, Zwischenergebnisse und Endergebnisse an deren

jeweiligen Wertebereich angepasst ist.

13. Steuergerät nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Speichereinrichtung (120) mindestens einen Ringspeicher aufweist, insbesondere zum
- 5 Speichern der Zwischensummen für die Messwerte und/oder deren Anzahlen.

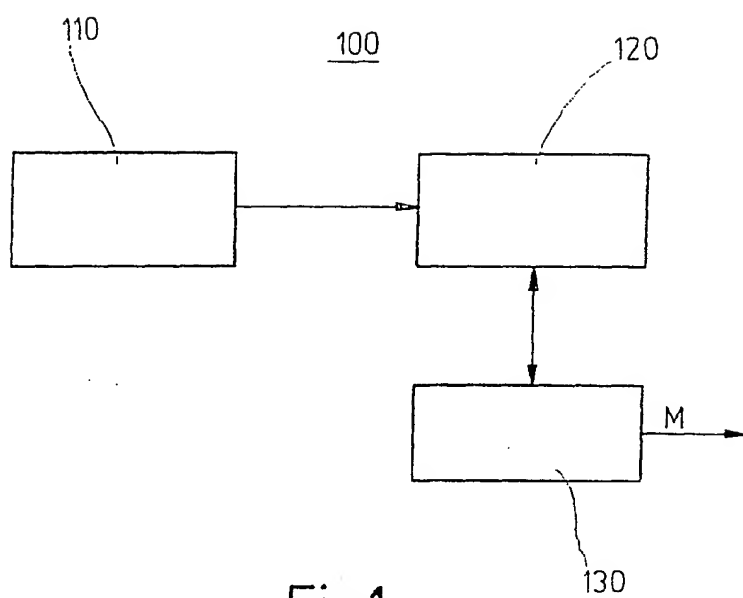


Fig.1

2 / 9

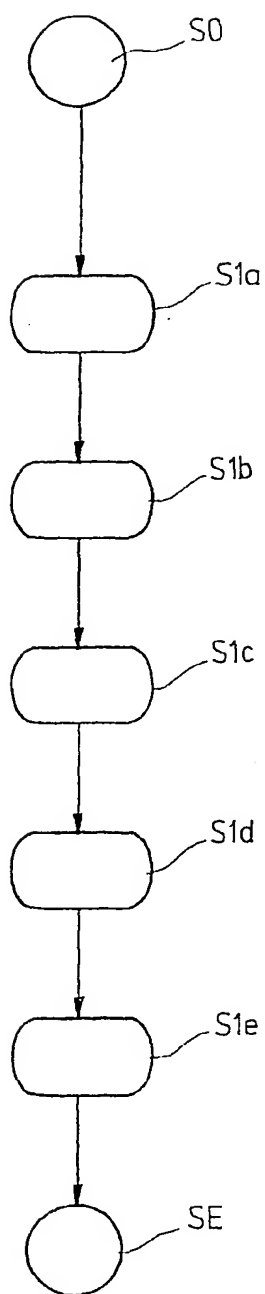


Fig.2

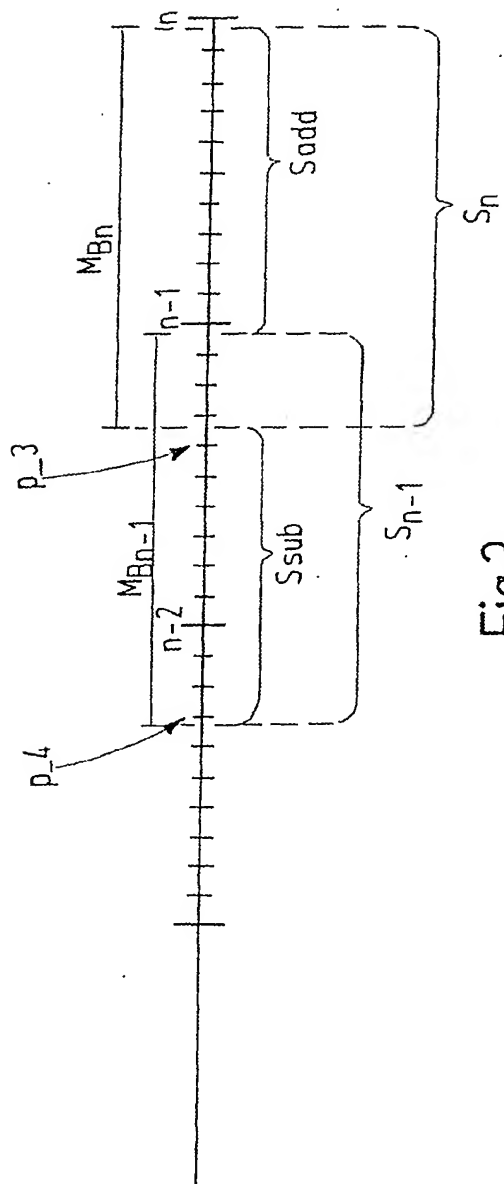


Fig.3

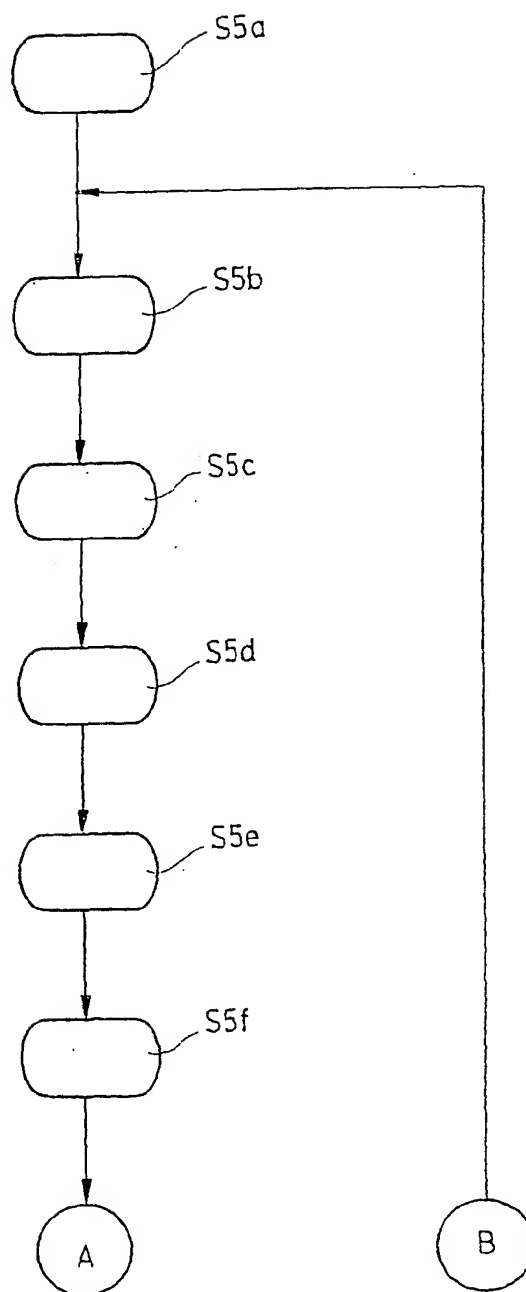


Fig.4a

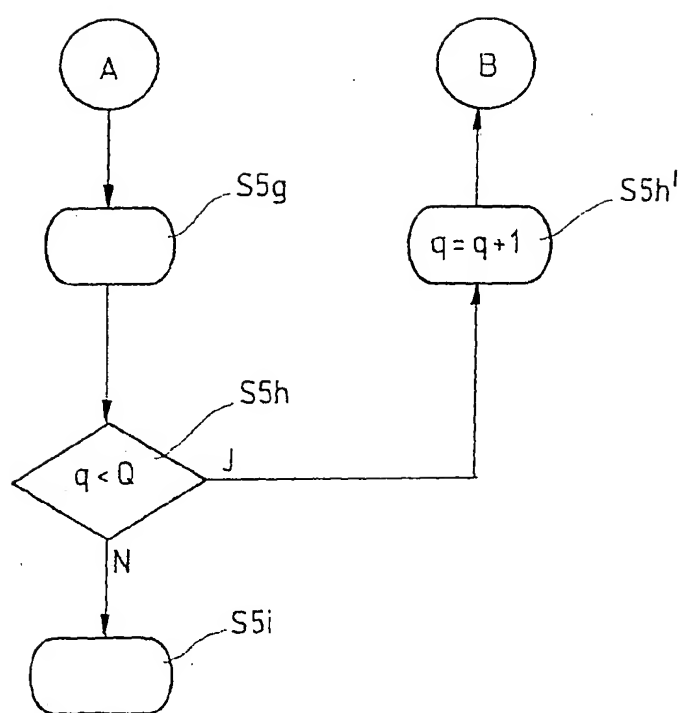


Fig.4b

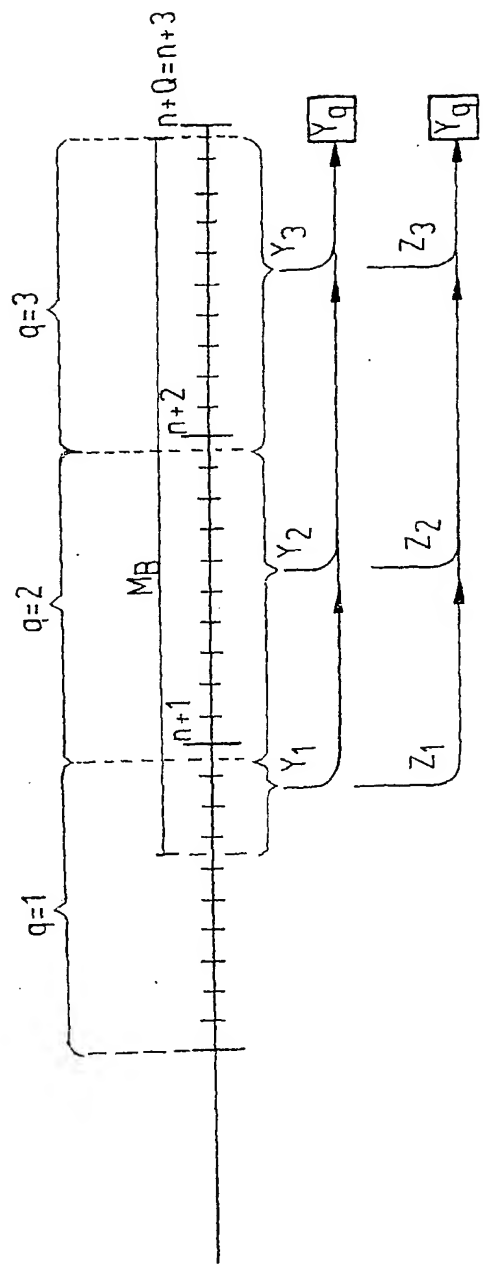


Fig.5



7 / 9

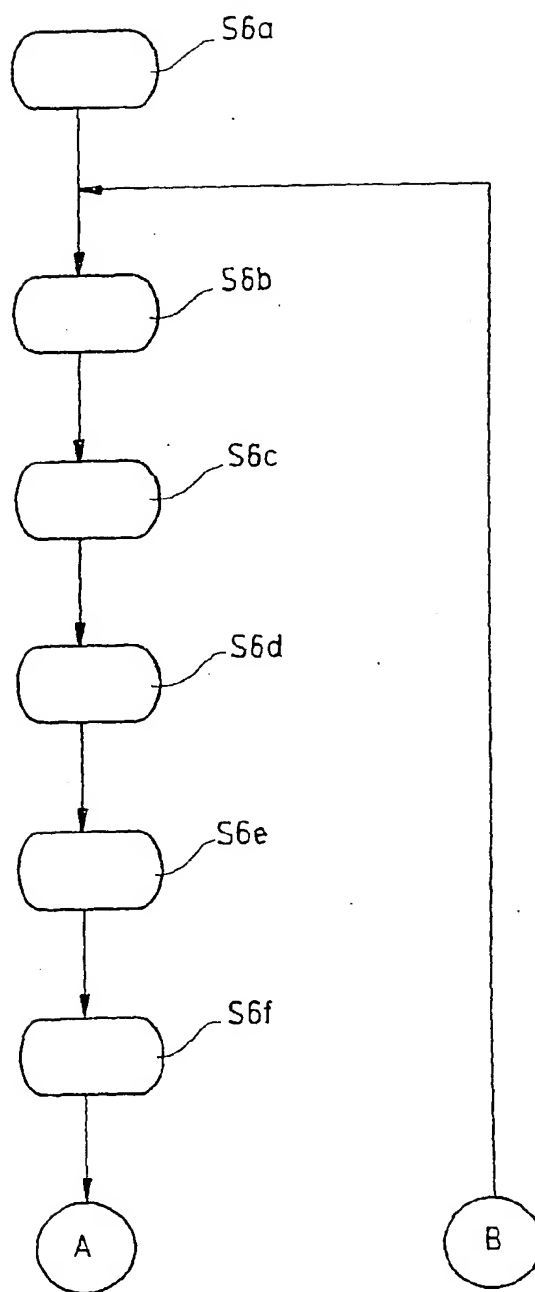


Fig.6a

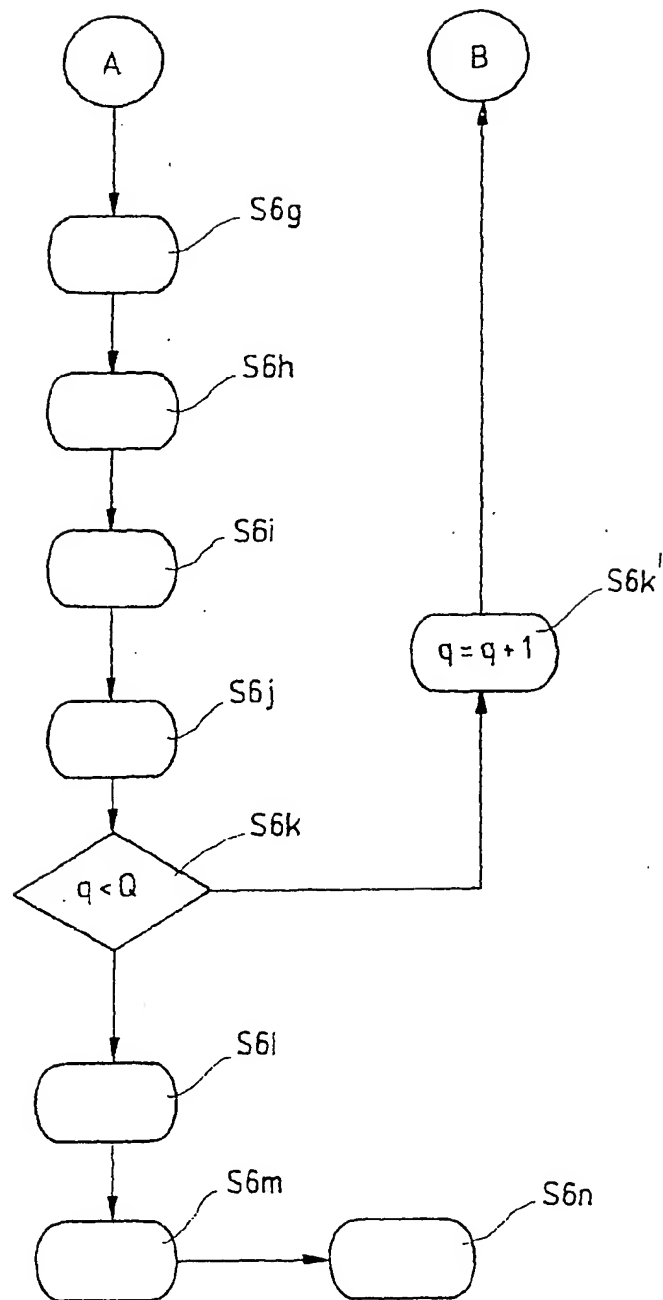


Fig.6b

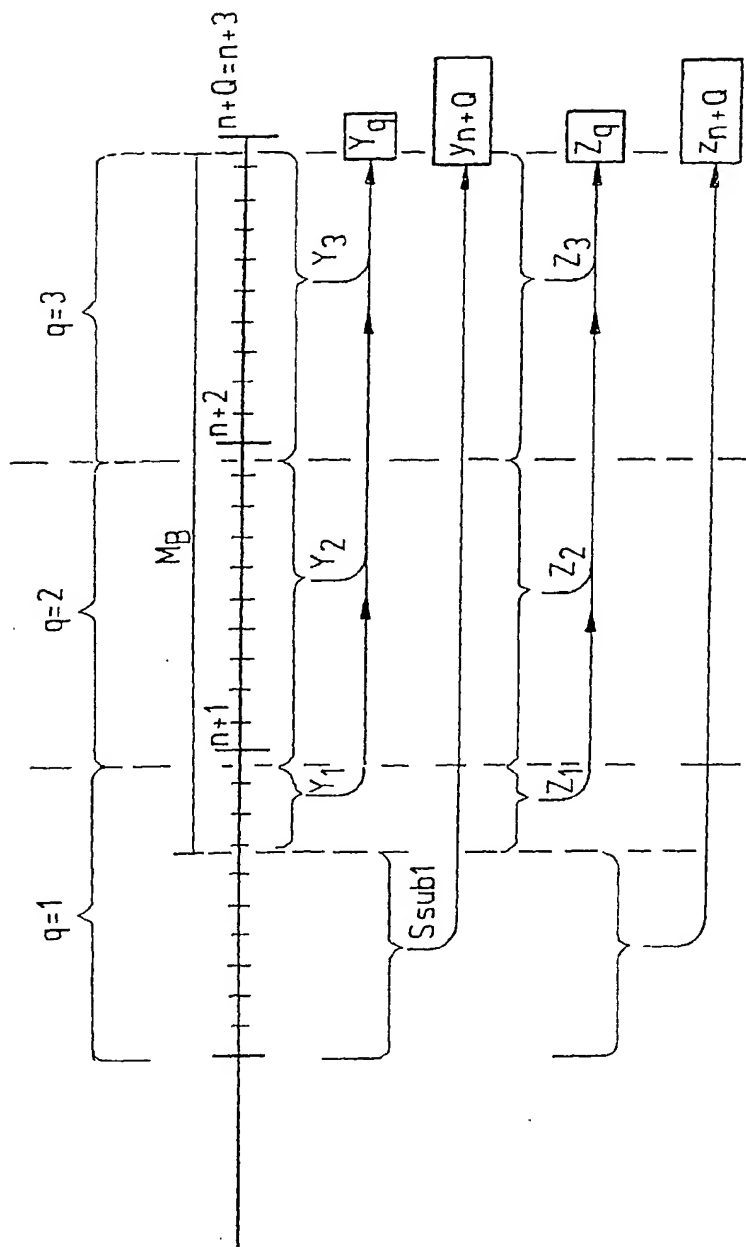


Fig.7

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**